

A1

DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION

(21)

N° 76 17407

(54) Composition de brasure pour le brasage de l'aluminium.

(51) Classification internationale (Int. Cl.²). B 23 K 35/28, 35/14.

(22) Date de dépôt 9 juin 1976, à 15 h 50 mn.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — «Listes» n. 1 du 6-1-1978.

(71) Déposant : Société dite : REYNOLDS METALS COMPANY, résidant aux Etats-Unis
d'Amérique.

(72) Invention de :

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Plasseraud.

La présente invention, due à Ogle RIDOUT SINGLETON, Jr., concerne de façon générale la technique de jonction de composants en alliage d'aluminium par brasage ; et elle concerne, plus particulièrement, des compositions utilisées lors du brasage sous vide. Pour les besoins de la présente invention, le terme de "vide" se réfère à des milieux ambiants dans lesquels les pressions sont inférieures à $100 \cdot 10^{-3}$ mm Hg et les pressions partielles de l'eau et corps oxydants tel que O_2 sont respectivement inférieures à 10^{-4} mm Hg et $8 \cdot 10^{-4}$ mm Hg.

Ainsi qu'il est bien connu, des alliages d'aluminium contenant du silicium sont appréciés comme étant d'utiles compositions de brasure. On a en outre reconnu que l'addition de petites quantités de magnésium rend ces alliages appropriés au brasage sous vide. Un problème non résolu a été de trouver une composition de brasure capable de tolérer des variations de pressions communément rencontrées dans les opérations industrielles de brasage sous vide et qui soit efficace dans des vides d'air résiduel relativement modérés de l'ordre de 10^{-4} ou même 10^{-3} mm Hg.

On est parvenu à une solution partiellement satisfaisante de ce problème en augmentant la teneur en magnésium jusqu'à une valeur aussi élevée que 2,3 %, la teneur habituelle étant inférieure à 1%. (A moins d'une indication contraire apparente dans le contexte, les pourcentages donnés dans la présente description se réfèrent à des pourcentages pondéraux). Toutefois, on a trouvé que les inconvénients de cette solution étaient doubles. D'une part, l'augmentation de la teneur en magnésium tend à rendre vaines les tentatives d'application de la composition sous la forme d'un placage et donne lieu en conséquence à une plus grande quantité de déchets. En second lieu, le magnésium a tendance à distiller ou à se sublimer à partir de la composition en cours de brasage, en formant des dépôts néfastes dans la chambre de brasage.

Conformément à la présente invention, la demanderesse a trouvé qu'une composition de brasure essentiellement constituée par de l'aluminium, du silicium, du magnésium et du plomb présente des propriétés particulièrement avantageuses en vue du brasage sous vide. Une proportion de 0,1% de plomb environ est habituellement suffisante.

On a trouvé que l'utilisation du plomb, au lieu d'obli-

ger à augmenter la teneur en magnésium, est pratiquement non seulement exempte de tous les inconvénients signalés en association avec la dernière partie de l'alternative, mais qu'elle est également moins coûteuse. Pour les avantages et bénéfices particuliers de la présente invention, référence est faite à des expériences et aux résultats et à la discussion s'y rattachant qui sont exposés ci-après.

La composition de brasure améliorée à base d'aluminium et de silicium selon la présente invention est constituée par de 7 à 14% de silicium, de 0,2 à 2% de magnésium, entre 0,05 et 0,3% de plomb, moins de 0,6% de fer, 0,3% de manganèse et 0,15% d'impuretés éventuelles (moins de 0,05% de chacun des corps suivants Cu, Ni, Zn, Ti et autres), le complément étant de l'aluminium.

On peut utiliser la composition seule, sous la forme d'une pièce d'épaisseur, d'un fil ou d'un barreau, ou bien on peut l'appliquer en tant que placage sur les composants d'alliage d'aluminium que l'on désire assembler par brasage. Le placage peut être sur l'une ou sur les deux faces du composant du centre ou cœur, ou bien il peut même être stratifié entre deux couches centrales et constitue de façon caractéristique entre environ 5 et 20% de l'épaisseur de l'ensemble composite. Toutes ces formes de mise en oeuvre et d'autres formes équivalentes seront désignées présentement par commodité "éléments de brasage".

La présente invention, telle qu'elle est mise en oeuvre de préférence, utilise une composition contenant de 9 à 11% de silicium, de 0,7 à 1,2% de magnésium, de 0,07 à 0,12% de plomb, moins de 0,15% d'impuretés éventuelles, le complément étant de l'aluminium.

Dans des formes de mise en oeuvre particulièrement efficaces, on utilise la composition précédente en tant que couche de placage externe sur un composant central en alliage d'aluminium, de préférence un alliage contenant de 0,1 à 0,3% de magnésium, moins de 0,25% de cuivre, 0,3% de silicium, 0,4% de manganèse et 0,15% d'impuretés éventuelles, le complément étant de l'aluminium, ou du type contenant de 0,4 à 0,8% de silicium, de 0,25 à 0,4% de manganèse, de 0,4 à 0,8% de magnésium, moins de 0,8% de fer, 0,35% de chrome, 0,35% de cuivre, 0,35% de zinc et 0,15%

d'impuretés éventuelles, le complément étant de l'aluminium. Des alliages appropriés pour l'élément central ou coeur comprennent encore ceux qui sont désignés par les numéros de code 1100, 3003, 3004, 3005, 3105, 6063 et 6951.

5 Lorsqu'on met en oeuvre la présente invention, il est préférable de conduire les opérations de brasage dans un milieu ambiant à faible fuite, sous pression réduite d'environ $2 \cdot 10^{-4}$ mm Hg ou encore plus basse, en particulier lorsque l'alliage de brasure a une teneur en magnésium relativement faible telle que de 0,2 à 10 0,4%. Pour des taux de magnésium plus élevés, de 0,8 à 1,5% par exemple, une pression de $3 \cdot 10^{-3}$ mm Hg suffit généralement, à la condition que la charge de la chambre soit de l'ordre de 3 à $3,5 \text{ cm}^2$ d'alliage de brasure par litre de volume de chambre ; on a trouvé que ceci était vrai que l'on utilise une atmosphère d'air résiduelle 15 ou une atmosphère de gaz inerte, avec des pressions partielles équivalentes de H_2O et de O_2 . Pour compenser des volumes moindres d'alliage de brasure, on peut ajouter des déchets de feuilles du matériau composite de brasure ou bien on peut appliquer d'autres moyens tel que le pompage de sublimation classique.

20 Ainsi qu'il a été noté précédemment, on effectue un certain nombre d'essais dans le but de révéler les qualités de l'invention et de les comparer avec celles d'autres compositions connues. Ces expériences ont été conduites selon le mode opératoire normalisé exposé ci-après qui est proposé à titre d'exemple pour 25 illustrer la mise en oeuvre de la présente invention.

E X E M P L E

I. Eprouvette avec jonction comblant un espacement.

On prépare une éprouvette caractéristique de jonction d'un espacement et prête au brasage, à partir de quatre bandes, 30 d'une feuille d'alliage de placage, chaque bande mesurant $5,1 \times 12,7 \times 76$ mm. Toutes les bandes présentent une paire de trous de 3,2 mm de diamètre, espacés de 64 mm, l'un des trous étant situé à 9,5 mm d'une extrémité. Deux des bandes sont munies d'une arête ou nervure disposée au centre de $0,79 \times 1,58 \times 51$ mm pour résister à une 35 tendance quelconque d'une bande à se gauchir (se cintrer) lorsqu'on la chauffe.

On apparie les deux bandes munies chacune d'une arête respectivement avec les deux autres bandes, les trous étant en

coïncidence et les arêtes regardant vers l'extérieur. On monte ensuite les deux paires de bandes sur un support en alliage communément dénommé acier inoxydable en faisant passer quatre boulons montés à travers les trous des bandes, et on les fixe sur le support. L'effet du montage est de placer les deux paires de bandes parallèlement et en relation régulière pratiquement dans le même plan horizontal, les arêtes des bandes regardant vers le haut. Pour fournir un support aux paires de bandes et les isoler du support, on place une coupe ondulée de feuilles pour ailettes en alliage 3003 entre le support et les bandes, préalablement au montage. En conséquence, les bandes sont espacées d'environ 12,7 mm au-dessus du support.

Avant de serrer les boulons de montage, on place au centre, entre les bandes assemblées par paires, une certaine longueur de fil d'aluminium de 0,51 mm de diamètre, la mise en place du fil se faisant pratiquement dans le sens perpendiculaire à la longueur des bandes. En conséquence de cette opération élémentaire, il se forme entre les bandes assemblées par paires des espaces qui s'étendent sur 15,9 mm environ, de chaque côté du fil. En comptant comme séparés les espacements des côtés opposés du fil, il y a un total de quatre espacements. Les espacements ainsi formés sont similaires aux, mais plus larges que, les écartements communément rencontrés lors de la production d'assemblages.

Un élément final de l'assemblage est un thermocouple de type K à gaine en acier inoxydable, de 3,2 mm de diamètre. On monte le thermocouple sur le support en une position située entre les paires de bandes mais non en contact avec elles. De la sorte, on utilise le thermocouple pour fournir une indication comparative (distincte de la valeur absolue) de la température de l'éprouvette.

Le gainage du thermocouple sert à un double but, en ce sens qu'il est utile comme barreau-poussoir pour déplacer le support vers des zones de températures de four différentes au cours des opérations de brasage. Le gainage s'étend à travers un joint annulaire en forme de O dans une porte de four amovible.

II. Mode opératoire d'évaluation.

On huile la feuille plaquée d'alliage de brasure si on la manipule manuellement. Préalablement à l'assemblage de l'échantillon, on dégraisse toutes les pièces par solvant, dans du

perchloroéthylène. Après dégraissage, on utilise des gants pour éviter des empreintes digitales sur le matériau.

On soumet individuellement les éprouvettes de jonctions d'espacements à un cycle de brasage constitué par les opérations

5 élémentaires suivantes :

- 1 On fait dégager le four vers l'atmosphère, la zone chaude du four étant à sa température.
- 2 On enlève la porte du four.
- 3 On glisse l'éprouvette dans la zone chaude du four (150 à 260°C) et on ferme la porte.
- 10 4 On pompe le four jusqu'au vide désiré et on maintient le degré de vide voulu à l'aide d'une soupape à étranglement.
- 5 En utilisant le gainage de thermocouple comme barreau-poussoir, on insère l'éprouvette jusque dans la zone chaude.
- 15 6 On enregistre l'indication du potentiel de sortie du thermocouple et la pression du système au cours du cycle de brasage.
- 7 On retire l'éprouvette à partir de la zone chaude après 10 minutes.
- 8 Lorsque le thermocouple indique moins de 425°C, on détend le four et on retire l'éprouvette et la porte de four.
- 20 9 On replace la porte et on pompe le four.

On refroidit ensuite les éprouvettes brasées, on les retire des supports et on les examine visuellement. L'évaluation est basée sur le nombre et l'étendue des espacements soudés par écoulement de la brasure. Le but est de souder les quatre espacements en ce qui concerne une éprouvette donnée.

On mesure le milieu ambiant de brasage en fonction de la température et de la pression. Du fait que les températures sont pratiquement les mêmes d'une expérience à l'autre, la pression est en pratique la seule variable importante. On détermine la pression soit à l'aide d'une jauge ionique "NRC 527" et d'un contrôleur 710, soit à l'aide d'une jauge Hastings "DV6" et d'un instrument de mesure. La régulation de la pression s'effectue par une soupape de pompe à vide.

35 III. Résultats et discussion.

Pour les besoins de l'expérience, la présente invention est mise en oeuvre sous la forme d'une composition de brasure constituée par 10% de silicium, 0,3% de fer, 1% de magné-

sium, 0,1% de plomb, moins de 0,15% d'impuretés éventuelles, le complément étant de l'aluminium. On applique la composition sous forme de placage sur les deux faces de feuille d'alliage d'aluminium de 5,1 mm, le placage constituant 15% de l'épaisseur de l'ensemble composite. Dans un cas, on utilise de l'alliage 3005 à titre d'alliage central (constituant le coeur) et de l'alliage 1100 dans un autre cas. On recuit la feuille composite dans les deux cas.

Lorsqu'on utilise l'alliage central 3005, on soude quatre espacements sous une pression de $1,1$ à $1,8 \cdot 10^{-3}$ mm Hg, la température finale de brasage étant de 598°C . Dans le cas de l'alliage central 1100, on soude quatre espacements sous pression de $0,9$ à $1,2 \cdot 10^{-3}$ mm Hg et à température finale de 601°C .

A titre de comparaison avec ce qui précède, on conduit des expériences en ce qui concerne un alliage de brasure constitué par 10,7% de silicium, 0,27% de fer, 1,07% de magnésium, moins de 0,15% d'impuretés éventuelles, le complément étant de l'aluminium. On applique l'alliage sous forme de placage sur les deux faces en feuille d'alliage d'aluminium de 5,1 mm d'épaisseur, le placage constituant 15% de l'épaisseur de l'ensemble composite. L'alliage central est constitué par de 0,25 à 0,50% de silicium, de 0,30 à 0,70% de fer, de 0,30 à 0,50% de manganèse, de 0,20 à 0,40% de magnésium, moins de 0,10% de cuivre, 0,15% de chrome et 0,15% d'impuretés éventuelles, le complément étant de l'aluminium. Cette fois encore, on recuit la feuille composite. Dans une expérience, aucun espacement n'est soudé sous une pression de 5 à $6 \cdot 10^{-4}$ mm Hg et une température finale de 602°C ; et, dans une autre expérience, aucun espacement n'est soudé sous une pression de $1,3$ à $2,5 \cdot 10^{-4}$ mm Hg et une température finale de 603°C .

Finalement, on conduit une expérience en utilisant une feuille composite telle que décrite ci-dessus, avec les différences suivantes. L'alliage de brasure est constitué par 11,4% de silicium, 0,69% de magnésium, 0,38% de fer, 0,13% de manganèse, moins de 0,15% d'impuretés éventuelles, le complément étant de l'aluminium. Egalement, on expérimente la feuille composite "telle que laminée" et non telle que recuite. Quatre espacements sont soudés sous une pression de 5 à $7 \cdot 10^{-4}$ mm Hg et une température finale de 604°C .

Quatre conclusions doivent être tirées à la suite de

ces expériences et d'après ces résultats. D'abord, l'addition de petites proportions de plomb aux alliages de Al-Si-Mg a une nette tendance à renforcer leurs propriétés de brasage. En second lieu, bien que les résultats manifestent une certaine tendance à un

5 brasage difficile sur l'alliage central utilisé, l'effet ne semble pas être important. Il est à noter toutefois, que les compositions d'alliages centraux étudiées sont raisonnablement similaires et que, par conséquent, il peut être prématuré de négliger leur signification. Un troisième point concerne l'effet apparemment nuisible du

10 recuit. En dépit du fait que le recuit exige une dépense et qu'il affecte négativement le brasage, il est néanmoins nécessaire et désirable dans les cas où la feuille composite doit être ultérieurement façonnée. La présence du plomb semble être utile à cet égard du fait que l'alliage recuit, contenant du plomb se travaille au

15 moins aussi bien, sous un vide moins poussé, que l'alliage de comparaison, exempt de plomb et non recuit. Enfin, une autre comparaison de ces résultats peut être faite avec ceux que l'on obtient en utilisant des alliages de Al-Si-Mg auxquels on a ajouté du bismuth, référence étant faite au brevet US N° 3 853 547 de la

20 Demanderesse. Bien que l'addition du bismuth donne apparemment lieu à des tolérances supérieures à la pression, l'avantage peut être contrebalancé par le prix nettement plus faible du plomb.

Comme il va de soi et comme il résulte d'ailleurs déjà de ce qui précède, l'invention ne se limite nullement à celui de

25 ses modes d'application non plus qu'à ceux des modes de réalisation de ses diverses parties, ayant été plus particulièrement envisagés ; elle en embrasse, au contraire, toutes les variantes.

REVENDEICATIONS

1. Composition de brasure pour la jonction de composants en alliage d'aluminium par brasage sous vide, caractérisée en ce qu'elle est constituée en poids de 7 à 14% de silicium, de 0,2 à 2% de magnésium, de 0,05 à 0,3% de plomb, moins de 0,6% de fer, moins de 0,3% de manganèse, moins de 0,15% d'impuretés éventuelles, le complément étant de l'aluminium.

2. Composition de brasure selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle contient de 9 à 11% de Si, de 0,7 à 1,2% de Mg et de 0,07 à 0,12% de Pb.

3. Élément de brasage caractérisé en ce qu'il comprend une composition selon la revendication 1 ou 2.

4. Élément de brasage selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il a la forme d'une pièce d'épaisseur, d'un fil ou d'un barreau.

4. Élément de brasage selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il a la forme d'une pièce d'épaisseur, d'un fil ou d'un barreau.

5. Feuille de brasage en placage composite présentant un coeur central en alliage d'aluminium et une feuille de placage externe fixée sur une feuille du coeur central, la couche de placage étant fixée sur une face du coeur, caractérisée en ce que la couche de placage est constituée par une composition de brasure selon la revendication 1 ou 2.

6. Placage composite selon la revendication 3, caractérisé en ce que la couche de placage telle que définie est fixée sur les deux faces du coeur central.

7. Placage composite selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que le coeur central est composé d'un alliage d'aluminium constitué par de 0,1 à 0,3% de magnésium, moins de 0,25% de cuivre, moins de 0,3% de silicium, moins de 0,4% de manganèse, moins de 0,15% d'impuretés éventuelles, le complément étant de l'aluminium.

8. Placage composite selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que le coeur central est composé d'un alliage d'aluminium constitué par de 0,4 à 0,8% de silicium, de 0,25 à 0,4% de manganèse, de 0,4 à 0,8% de magnésium, moins de 0,8% de

fer, moins de 0,35% de chrome, moins de 0,35% de cuivre, moins de 0,35% de zinc, moins de 0,15% d'impuretés éventuelles, le complément étant l'aluminium.

9. Procédé de jonction de composants en alliage
5 d'aluminium par brasage sous vide caractérisé en ce qu'on utilise une composition de brasure selon la revendication 1 ou 2.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'on effectue le brasage sous une pression qui n'est pas sensiblement supérieure à $3 \cdot 10^{-3}$ mm Hg avec des pressions partielles de H_2O et de O_2 qui ne sont pas supérieures à celle de l'air résiduel à cette pression.